AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

FINALIZAÇÃO DO

Plano da Bacia do Rio Tibagi

CONTRATO Nº 16/2012

Produto 02:
Implementação do AcquaNet

Revisão 0
Setembro/2013



COBRAPE • CIA. BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS

cobrape

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 2
2. METODOLOGIA 3
3. CONCLUSÃO 10
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 11

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Exemplificação da divisão de AEGs em sub-bacias adotadas no AcquaNet 4
Figura 2.2. Exemplificação do sistema da rede de fluxos no AcquaNet 5
Figura 2.3. Divisão das sub-bacias adotadas no AcquaNet 6
Figura 2.4. Exemplificação da rede de fluxo para a bacia do rio Tibagi no AcquaNet 9

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Distribuição por Nós 7
Quadro 2.2. Taxas de Retorno dos Setores Usuários 8
Quadro 2.3. Volumes Característicos dos Reservatórios da Bacia do Rio Tibagi 8

Rio Tibagi

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório, *P02 – Implementação AcquaNet – Revisão 0*, integra os produtos previstos para o processo de elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Tibagi (PBH-Tibagi) e tem como escopo a geração de um modelo integrado para análise da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. O modelo utilizado é o *software* AcquaNet, versão 3.16, módulo de Alocação de Água. Como dados de entrada para o modelo foram utilizados os resultados obtidos pelos estudos elaborados no âmbito do PBH-Tibagi até o momento.

2. METODOLOGIA

O AcquaNet é um *software* que realiza cálculos simples, através de um algoritmo linear, para resolver problemas de alocação de água em sistemas complexos de recursos hídricos.

Os sistemas, que podem representar grandes bacias hidrográficas, são descritos através de uma rede de fluxo, em que as demandas, os reservatórios e as confluências são representados por nós e os trechos de rios são os elos ou *links*. Para facilitar a localização dos mesmos, o AcquaNet permite a utilização de ferramentas de SIG, possibilitando o manuseio simultâneo de mapas e redes de fluxo.

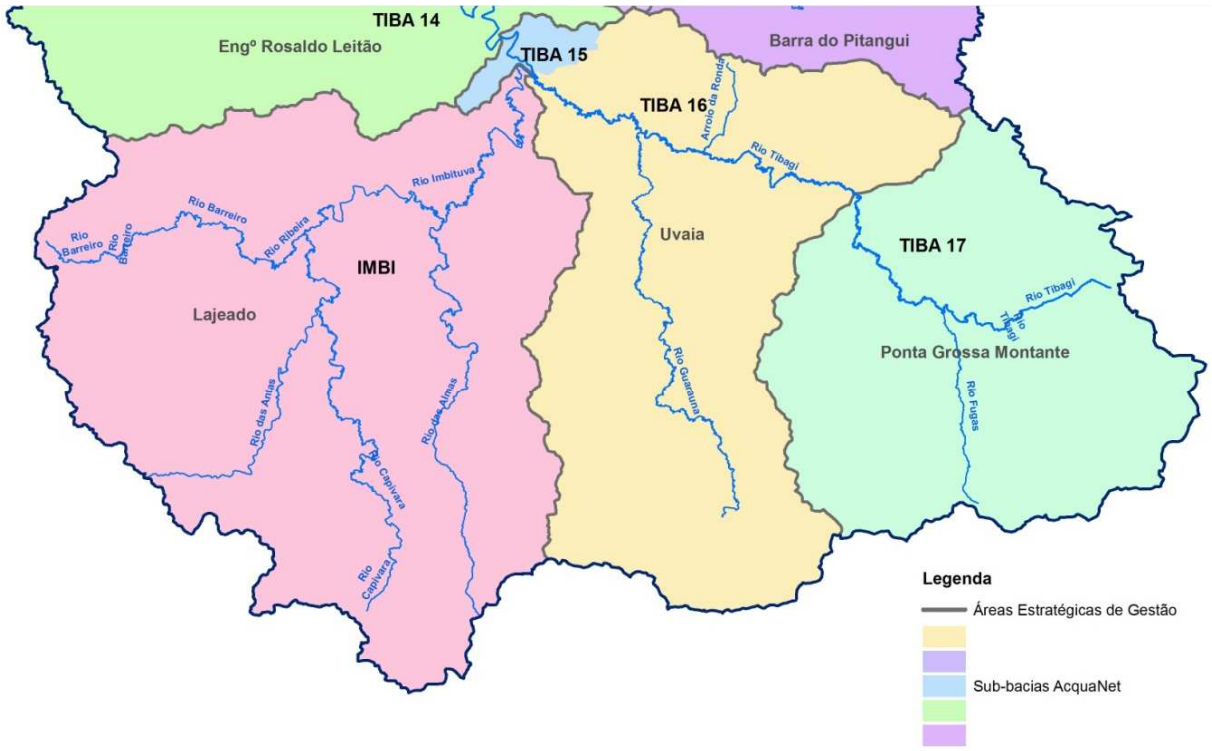
O *software* permite ainda que o usuário defina prioridades para as demandas, prioridades essas que determinam a ordem de atendimento das demandas. Elas variam de 1 a 99, sendo o valor igual a 1 para a demanda com maior preferência no atendimento, e 99 para a demanda com menor preferência no atendimento. Dessa forma, caso as demandas sejam maiores que a quantidade de água disponível (situação crítica), aquelas com o menor valor numérico de prioridade serão atendidas de pronto e as com valores numéricos maiores somente serão atendidas se possível. As prioridades também podem ser estabelecidas para os volumes-meta dos reservatórios da rede.

Para o Plano da Bacia do rio Tibagi, o *software* foi utilizado no modo de simulação contínua, em que os cálculos são efetuados de maneira sequencial no tempo, para um número total de 27 anos. Este foi o maior período encontrado com dados de vazões disponíveis.

A bacia foi desenhada com 15 nós auxiliares que armazenam informações quando há confluência e não possuem dados de demandas e disponibilidades, além de 36 nós de passagem no exutório de sub-bacias definidas de forma semelhante às Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs) do Plano da Bacia do Tibagi. Isto porque as 25 AEGs do Plano de Bacia não formariam uma rede de fluxo. Adicionalmente, foi adicionada à rede um nó representando o reservatório da UHE Mauá.

Uma exemplificação é apresentada na *Figura 2.1* na qual se pode verificar que a AEG Uvaia foi dividida em duas áreas e, portanto, terá dois nós de passagem (um no exutório da sub-bacia TIBA 16 e outro no exutório da TIBA 15) e um nó auxiliar que conectará as informações da sub-bacia IMBI e da TIBA 16. Isto para que os fluxos representem os sistemas de recursos hídricos de modo realista, visto que a hidrografia mostra que o rio Imbituva deságua no rio Tibagi antes do exutório da AEG Uvaia. Caso esta AEG fosse mantida inteira, as informações de demanda e disponibilidade do nó que representam a AEG Lageado (sub-bacia IMBI) seriam transferidas para o nó da AEG Uvaia, provocando um entendimento equivocado.

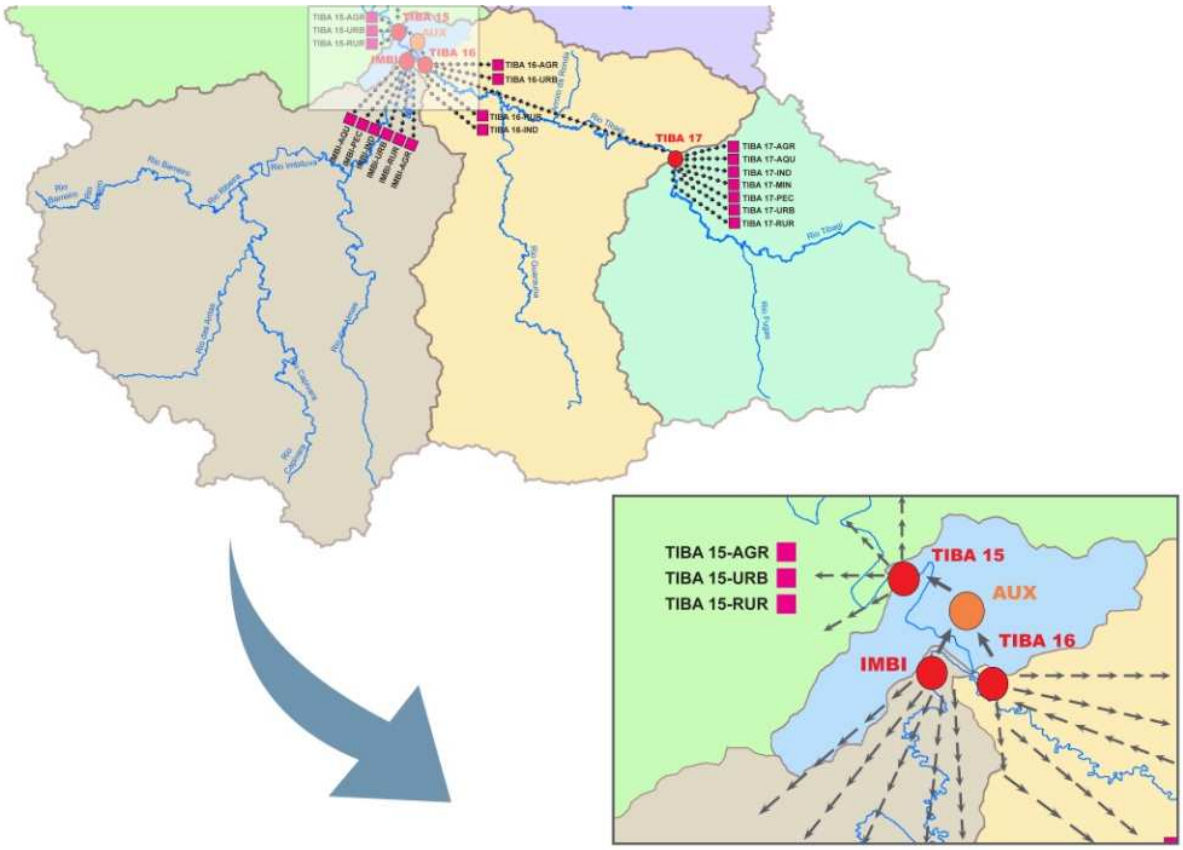
Figura 2.1. Exemplificação da divisão de AEGs em sub-bacias adotadas no AcquaNet



FONTE: Elaborado pela Consultora.

A *Figura 2.2* representa o sistema da região da figura anterior no software AcquaNet. Os círculos vermelhos representam os nós de passagens, e o círculo laranja o nó auxiliar que representa a confluência do rio Imbituva com o rio Tibagi. Os quadrados em rosa simbolizam as diferentes demandas da área a montante do respectivo nó. As setas são os links que representam os trechos de rios.

Figura 2.2. Exemplificação do sistema da rede de fluxos no AcquaNet



FONTE: Elaborado pela Consultora.

Portanto, quando houver a confluência com um afluente principal e esta não ocorrer no exutório da AEG, esta AEG será dividida de forma a criar uma sequência correta na rede de fluxos. Situação semelhante ocorrerá, por exemplo, na AEG Tibagi e na AEG Porto Londrina. A relação entre as AEGs e as sub-bacias adotadas no AcquaNet é apresentada na *Figura 2.3*.

Divisão das sub-bacias adotadas no AcquaNet

Figura 2.3

Legenda

- Reservatório
- Áreas Estratégicas de Gestão
- Sub-bacias AcquaNet

Código	Área Estratégica de Gestão
01	Ponta Grossa Montante
02	Uvaia
03	Lajeado
04	Engº Rosaldo Leitão
05	Barra do Pitangui
06	Tibagi
07	Bom Jardim
08	Chácara Cachoeira
09	Tijuco Preto
10	Fazenda Manzanilha
11	Fortaleza
12	Telêmaco Borba
13	Barra do Mandaçaia
14	Barra do Ribeirão das Antas
15	Rio Apucarana
16	Porto Londrina
17	Sítio Pau D'alho
18	Sítio Igrejinha
19	Cebolão
20	Apertados
21	Barra do Ribeirão Três Bocas
22	Chácara Ana Cláudia
23	ETA - SAMAE - Ibiporã
24	Ponte Preta
25	Foz do rio Tibagi

SP

TIBA 1 · 25 · CONG 1 · TIBA 2 · 23 · JACU 2 · Rio Jacutinga · JACU 1 · Rio Congonhas · CONG 2 · RIBT · RIBI · 22 · 21 · TIBA 3 · Ribeirão dos Apertado · RIBA · 20 · TIBA 4 · 19 · 24 · 17 · 18 · Rio Taquara · JERO · TIBA 5 · Rio São Jerônimo · TAQU · TIBA 6 · Rio Apucaraninha · 16 · Rio Apucarana · TIBA 7 · Rio Tibagi · 15 · APUC · Ribeirão das Antas · RANT · 14 · TIBA 8 · TIBA 9 · 13 · Rio Alegre · 11 · Rio Fortaleza · FORT · 12 · TIBA 10 · IAPO 1 · 09 · PIRA · 10 · IAPO 2 · TIBA 11 · Rio Imbaú · Rio Tibagi · Rio Ivaí · Rio Iapó · IAPO 3 · CAPI · 06 · TIBA 12 · Rio Capivari · 07 · 08 · TIBA 13 · PITA · 04 · 05 · Rio Pitangui · TIBA 14 · TIBA 15 · Rio Tibagi · Rio Imbituva · 02 · 03 · IMBI · 01 · Rio Pugas · TIBA 17 · Rio das Antas · Rio das Almas · TIBA 16

51°0'0"W · 50°0'0"W · 23°0'0"S · 24°0'0"S · 25°0'0"S

N

1:850.000

0 5 10 20 30 40 Km

Convenções

- Limite do Estado
- Limite da Bacia do Rio Tibagi
- Municípios

Rio Tibagi

Os 36 nós foram nomeados em acordo com o nome do rio principal que passa pela região que cada nó representa. Para os rios que passavam por mais de um nó, como o Tibagi, após as letras foram colocados números de forma decrescente a partir da nascente. A distribuição dos nós por Área Estratégica de Gestão encontra-se no *Quadro 2.1* a seguir.

Quadro 2.1. Distribuição por Nós

Área Estratégica de Gestão	Nó de Passagem	Nome do Rio
Ponta Grossa Montante	TIBA17	Tibagi
Uvaia	TIBA16	
	TIBA15	
Lajeado	IMBI	Imbituva
Eng°Rosaldo Leitão	TIBA14	Tibagi
Barra do Pitangui	PITA	Pitangui
Tibagi	TIBA13	Tibagi
	TIBA12	
	TIBA 11	
Bom Jardim	CAPI	Capivari
Chácara Cachoeira	IAPO3	Iapó
Tijuco Preto	PIRA	Piraí
Fazenda Manzanilha	IAPO2	Iapó
Fortaleza	FORT	Fortaleza
	IAPO1	Iapó
Telêmaco Borba	TIBA10	Tibagi
Barra do Mandaçaia	TIBA9	Tibagi
Barra Ribeirão das Antas	RANT	Ribeirão das Antas
	TIBA8	Tibagi
Rio Apucarana	APUC	Apucarana
Porto Londrina	TIBA7	Tibagi
	TIBA6	
Sitio Pau Dalho	JERO	São Jerônimo
Sitio Igrejinha	TAQU	Taquara
Cebolão	TIBA5	Tibagi
	TIBA4	
Apertados	RIBA	Ribeirão dos Apertados
Barra Ribeirão Três Bocas	RIBT	Ribeirão Três Bocas
Chácara Ana Cláudia	RIBL	Ribeirão do Limoeiro
	TIBA3	Tibagi
ETA SAMAE - Ibiporã	JACU2	Jacutinga
Ponte Preta	CONG2	Congonhas
Foz do rio Tibagi	JACU1	Jacutinga
	CONG1	Congonhas
	TIBA2	Tibagi
	TIBA1	Tibagi

FONTE: Elaborado pela Consultora.

Os dados de entrada, de demandas e de disponibilidades hídricas, devem representar as vazões médias mensais, sem dados faltantes, na unidade de m³/s. Além disso, a série deve conter o mesmo período que o horizonte de planejamento da simulação.

Cada elemento da rede de fluxos (nós e *links*) deve apresentar as características da área que está representando. Assim, a disponibilidade hídrica de cada nó indica a quantidade de recurso hídrico disponível na área abrangida pelo nó.

Em cada nó foram colocadas as demandas referentes à área incremental daquela região ou sub-bacia, sendo que todas elas receberam prioridades iguais a 10. Ou seja, inicialmente não haverá usos prioritários. Mas esse valor pode ser alterado facilmente caso haja necessidade, de forma a priorizar setores ou demandas específicas. Ainda no que se refere às demandas, é possível inserir uma taxa de retorno, onde se escolhe para qual nó a água restante se encaminhará. Para a BHT, os retornos foram feitos sempre para o nó à jusante e as taxas de retorno utilizadas são apresentadas no *Quadro 2.2*.

Quadro 2.2. Taxas de Retorno dos Setores Usuários

Setor Usuário da Demanda	Taxa de retorno (%)
Urbana	80
Agrícola	20
Rural	50
Industrial	80
Pecuária	20
Aquicultura	95
Mineração	90

FONTE: ANA (2005).

Além dos nós de passagem, a rede apresenta 01 nó representando o reservatório da UHE Mauá. O *Quadro 2.3* apresenta as características destes nós.

Quadro 2.3. Volumes Característicos dos Reservatórios da Bacia do Rio Tibagi

Reservatório	Nó	Volume Máximo (Mm^3)	Volume Mínimo (Mm^3)	Volume Inicial (Mm^3)
Mauá	Mauá	2.137,00	1.473,00	2.137,00

Fonte: ONS (2013).

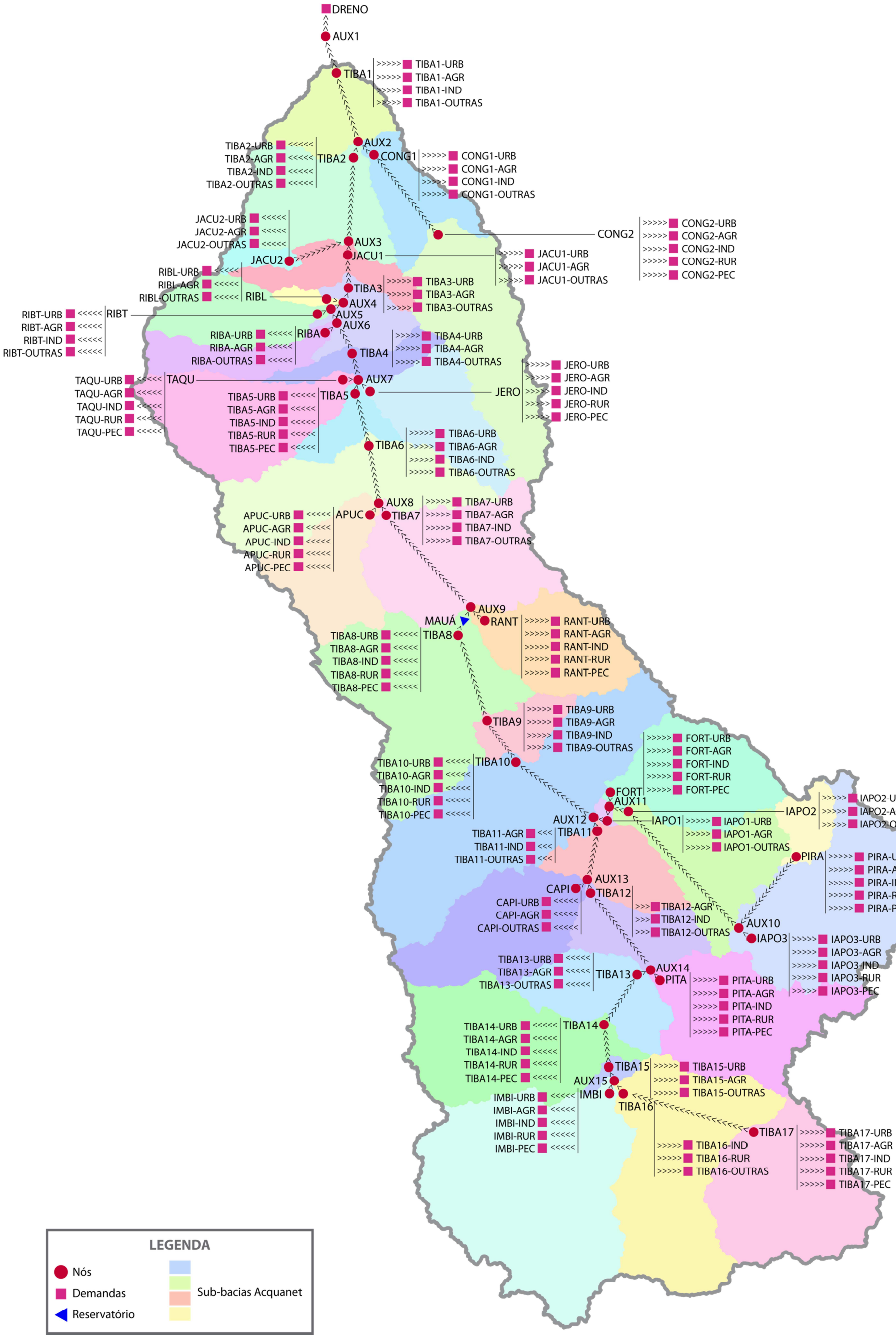
O nó de reservatório recebeu o valor de prioridade 20, significando que as demanda dos setores usuários serão atendidas com prioridade em relação ao enchimento do reservatório.

Foi criada, ao final da rede de fluxo, uma demanda fictícia que tem a função de receber a água excedente do sistema. Esta recebe o nome de “dreno” e não é prioritária (o valor da prioridade é 99), existindo apenas para que o excesso de água não se “perca” na rede.

Além disso, para que o programa efetue os cálculos é necessário que exista pelo menos um reservatório, por isso, foi colocado um reservatório isolado da rede de fluxo e sem dado.

Uma exemplificação da rede de fluxo traçada para a bacia do rio Tibagi é apresentada na *Figura 2.4*.

Figura 2.4. Exemplificação da rede de fluxo para a bacia do rio Tibagi no AcquaNet



Fonte: Elaborado pela Consultora.

3. CONCLUSÃO

Os resultados da modelagem, que teve sua metodologia descrita acima, serão entregues ao cliente em formato MDB. O produto compõe-se de dois arquivos, um considerando e outro desconsiderando a taxa de retorno. Os arquivos MDB deverão ser abertos diretamente pelo software AcquaNet.

Os arquivos conterão as redes de fluxos representadas conforme descrito anteriormente, com as definições de cálculo para simulação contínua (de maneira sequencial no tempo) e calibração mensal, iniciando em janeiro de 1982 e com duração de 27 anos. Foi escolhido o algoritmo Out-Of-Kilter para execução do cálculo. A capacidade dos links foi definida como constante ao longo do tempo.

Os resultados do sistema são apresentados em planilhas e gráficos em seções separadas para reservatórios, demandas, nós de passagem e links. É possível selecionar quais elementos se deseja visualizar os resultados. Por exemplo, selecionando-se somente as demandas urbanas de todos os nós e analisando o déficit e a vazão fornecida, pode-se verificar se houve falta de água e em qual data isto ocorreu. A informação da vazão fornecida informa a quantidade de água indisponível para atender a demanda.

Adicionalmente, é possível utilizar a opção ‘Resultados do Sistema’ que apresenta os resultados totais de forma única, como sistema. Por exemplo, selecionando-se as demandas e os déficits será apresentada uma coluna com a soma dos déficits para cada mês. Além disso, é possível visualizar um resumo dos resultados, o que permite uma visão geral do que acontece com os elementos selecionados.

O AcquaNet permite, ainda, a comparação de resultados de diferentes projetos. Para isto, é preciso que os projetos tenham sido previamente calculados utilizando o mesmo tipo de simulação, tenham o mesmo mês e ano inicial, mesmo número de anos para o horizonte de simulação e de série histórica de vazões e a mesma opção de cálculo. A comparação pode ser feita entre elementos, dados e resultados.

Cabe destacar que caso haja interesse, com base nos arquivos entregues, o próprio cliente poderá alterar as configurações, tanto de cálculo como valores de entrada, definir diferentes prioridades, adicionar novos reservatórios e analisar diferentes situações para a Bacia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2005.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO**. Inventário de Dados Técnicos de Aproveitamentos Hidroelétricos.** Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em: Fevereiro de 2013.